

Continuous Director Rotation (CDR) mode를 갖는 강유전성 액정 셀에서의 표면 근처에서의 방향자 분포 및 동역학 특성 연구

Near cell surface dynamics and orientational distribution of FLC director showing CDR motion

백석기, 정미윤, 임동건*
 고려대학교 물리학과
 psk2193@korea.ac.kr

오늘날의 평판디스플레이 소자로서 널리 이용되는 LCD는 액정의 고유의 광학 및 유전을 이방성 특성을 이용하는데, 이를 위해 액정을 균일하게 배향시켜야 하며 러빙처리된 기판의 표면 효과를 이용하는 것이 필수적이다. 이 표면 효과는 액정 분자와 기판표면과의 수소결합, Van der Waals interaction, dipole-dipole interaction, 액정분자의 비등방적 탄성률과 기판표면의 기하학적 형태에 관계된 역학적 상호작용등과 같은 여러 이론으로 설명된다.

본 연구에서는 continuous director rotation (CDR)⁽¹⁾ mode를 갖는 강유전성 액정에 대하여, 표면 액정분포 상태를 연구 수행하여 표면에서의 배향과 동적 특성을 규명하고자 하였다. 기존의 투과형 방법으로는 표면 층 뿐만 아니라 bulk층 영역까지 탐사하게 되므로 표면효과 보다는 주로 bulk의 효과를 측정하게 된다. 하지만 본 실험에서 내부 전반사법⁽²⁾을 이용하여 bulk보다는 표면영역에서의 액정의 특성을 조사하였다. 내부전반사는 입사각에 따라 표면으로 들어오는 beam이 exponential decay하는 정도가 달라지고 그로인해 angle을 1도씩 바꿈으로써 penetration depth가 달라지고 이 때 반사되어 나오는 wave 임고 나오는 정보를 분석함으로써 표면을 연구할 수 있다. 또한 이 실험에서 반사되어 나온 wave에 양쪽에 polarizer를 놓고 360 회전시켜 액정의 birefringence를 측정함으로써 표면 근처의 액정의 분포를 연구할 수 있었다.

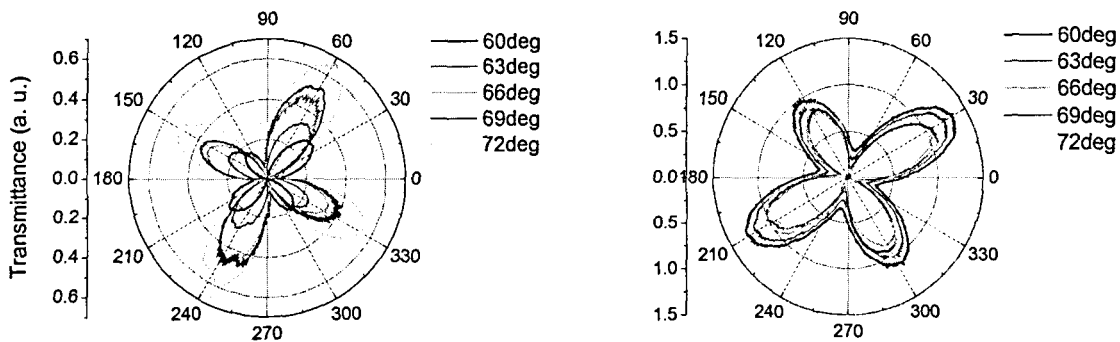


그림 1. 2 μ m gap을 갖는 CDR mode FLC의 광학적 이방성 데이터. (a) 전기장 off, (b) 전기장 on

우선, 전기장을 끈 상태에서 입사각을 변화 시키면서 birefringence을 측정하였다. 입 사각도를 60도에서 액정의 이방성과 72도의 이방성을 비교 할 때 광축이 약 30도 정도 돌아가 있는 것을 알 수 있다. 이 실험에서 알 수 있는 것은 전기장을 끈 상태에서 표면층에 따라 액정이 놓여 있는 상태가 다르게 있다 가 전기장을 가한 상태에서 표면층의 액정 방향자들은 모두 동일 한 상태로 놓였다는 사실 알게 되었다.

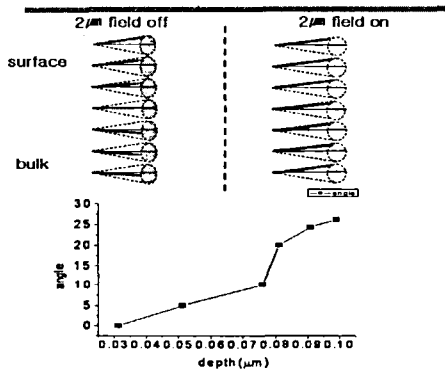


그림 2 액정 CELL의 단면도와 평면도

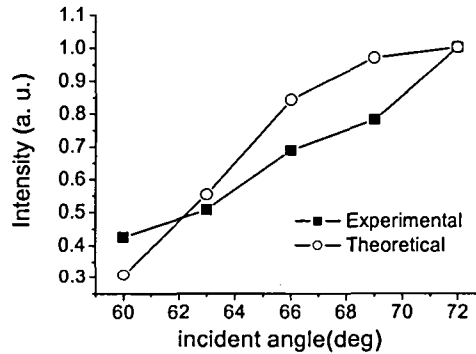


그림 3 각 표면층에 액정 intensity

그림 2는 그림 1의 birefringence data를 통하여 알아낸 액정 방향자 분포를 cell 옆면과 윗면에 대해서 도시한 것이다. 입사각도가 감소할수록 액정 방향자는 러빙 방향에서 더욱 벗어나 있음을 알 수 있다. 또한 그림 3 (실험값)에서는 입사각도가 증가함에 따라 투과도가 감소하는 것을 알 수 있다. 그 이유와 관련하여 그림 2와 같은 액정 방향자 분포에서의 투과도를 이론적으로 계산해 본 것은 다음과 같다.

$$\cos \Phi = (\sin \theta \sin \phi)$$

(θ : tilt, ϕ : 러빙방향에 대한 액정의 이방성 각도)

$$\tan \frac{\delta_p}{2} = \frac{\sqrt{\sin^2 - n^2}}{n^2 \cos \theta} \quad \tan \frac{\delta_s}{2} = \frac{\sqrt{\sin^2 - n^2}}{\cos \theta}$$

$$\Gamma = \delta_p - \delta_s$$

$$I = I_0 \sin^2 \theta \sin(\Gamma/2)$$

위 이론식에 따라 계산한 투과도를 서로 normalize을 시킨 것이 그림 3과 같다. 두곡선의 경향성은 같았지만 입사각도에 따른 이론값과 실험값의 intensity는 약간차이가 나는 현상을 볼 수 있다. 이 차이는 액정이 완벽하게 이론값과 같이 정렬되어 있지 않기 때문이라고 생각 할 수 있다.

본 실험에서 알 수 있던 사실은 각각에 표면층에 액정 방향자가 달라져 있다는 사실을 알게 되었고 intensity 또한 변화 한다는 사실을 알게 되었다. 이러한 변화는 각각 액정 표면층의 dynamics 또한 변화시키는 요인이 될 수 있다고 생각한다.

This research was supported by a grant from Information Display R&D Center one of the 21st Century Frontier R&D Program funded by the Ministry of Science and Technology of Korean government.

참고문헌

1. H. Pauwels, S. T. Lagerwall, *Liquid Crystals*, 28, 573-580 (2001)
2. G. R. Fowles, *Introduction of Modern Optics* (Second Edition)

